昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*，December 2007，50(12)：1232 – 1238 ISSN 0454-6296

B 型烟粉虱和温室白粉虱在温度逆境下的生存特性比较

崔旭红[1]，陈艳华[1,2]，谢　明[1]，万方浩[1,*]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100094；
2. 湖南农业大学生物安全科技学院，长沙 410128）

摘要：为了明确 B 型烟粉虱和温室白粉虱在温度逆境下的生存特性对其种群发展的影响，通过进行高温和低温暴露试验，研究了 B 型烟粉虱和温室白粉虱卵、伪蛹、成虫在 37℃，39℃，41℃，43℃，45℃下暴露 1～2 h 后的存活率，以及这两种粉虱卵、2～3 龄若虫、伪蛹和成虫在 2℃下暴露 1～12 d 后的存活率。结果表明：两种粉虱的卵、伪蛹和成虫在 37℃～45℃下暴露 1～2 h，其存活率均随着温度的上升而降低；但在相同处理条件下 B 型烟粉虱 3 种供试虫态的存活率要高于温室白粉虱。B 型烟粉虱在 2℃下暴露 2～12 d，各供试虫态的存活率迅速下降，卵、2～3 龄若虫、伪蛹在 2℃下暴露 12 d 后均不能存活，成虫在 2℃下暴露 4 d 后也全部死亡；而温室白粉虱卵、伪蛹在 2℃下暴露 12 d 后其存活率还能超过 45%，成虫在 2℃下暴露 7 d 后仍有 80.9%能够存活。结果说明，B 型烟粉虱和温室白粉虱对温度逆境的适应性存在差异，B 型烟粉虱对高温的适应性要高于温室白粉虱；温室白粉虱对高温敏感，但对低温的适应性要显著高于 B 型烟粉虱。据此推测，两种粉虱对温度逆境适应性的差异是导致其种群发生存在差异的一个重要原因。

关键词：B 型烟粉虱；温室白粉虱；高温；低温；存活

中图分类号：Q968.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2007)12-1232-07

Survival characteristics of *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) after exposure to adverse temperature conditions

CUI Xu-Hong[1], CHEN Yan-Hua[1,2], XIE Ming[1], WAN Fang-Hao[1,*] (1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China; 2. College of Bio-Safety Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: The survivals of *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) were studied after exposure to high and low temperature to determine the effects of adverse temperature conditions on the population development of two whitefly species in China. The eggs, red-eyed nymphs and adults of two whitefly species were exposed to five temperatures, 37℃, 39℃, 41℃, 43℃ and 45℃, for 1 – 2 h in climatic incubators. The results indicated that the survivals of both whitefly species at the three tested developmental stages decreased with the increase of temperature, but the survials of *T. vaporariorum* decreased faster than that of *B. tabaci* B-biotype in the same condition. When the eggs, 2 – 3 instar nymphs and red-eyed nymphs of two whitefly species were exposed to 2℃ for 1 – 12 d, the survivals of four tested developmental stages of *B. tabaci* B-biotype were significantly affected by low temperature; the eggs, 2 – 3 instar nymphs and red-eyed nymphs all died after exposure to 2℃ for 12 d, and no adults could survive after exposure to 2℃ for 4 d. However, more than 45% eggs and red-eyed nymphs of *T. vaporariorum* could develop to the next stage after exposure to 2℃ for 12 d, and the survival rate reached

---

基金项目：国家重点基础研究发展规划'973'项目（2002CB111400）

作者简介：崔旭红，女，1977 年生，湖北襄樊人，博士研究生，研究方向为外来生物入侵，E-mail：xuhongcui@sina.com

* 通讯作者 Author for correspondence, Tel.：010-68975297；E-mail：wanfh@cjac.org.cn

收稿日期 Received：2007-06-08；接受日期 Accepted：2007-11-13

80.9% when the adults were exposed to 2℃ for 7 d. Thus, there were prominent differences between two tested whitefly species in their adaptation to adverse temperature. *B. tabaci* B-Biotype was more sensitive to low temperature and had higher tolerance to high temperature than *T. vaporariorum*. It is inferred that the difference of adaptability to adverse temperature may be one important mechanism that leads to interspecific differentiation in dynamics of the two whitefly species in China.

Key words: *Bemisia tabaci* B-biotype; *Trialeurodes vaporariorum*; high temperature; low temperature; survival

B 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) B-biotype 和温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)属同翅目粉虱科(Homoptera: Aleyrodidae),均是重要的世界性害虫。它们寄主范围非常广泛,许多栽培和非栽培的一年生或多年生植物都是其共同寄主(Brown *et al*., 1994, 1995;向玉勇等,2004);两者危害特征也很相似,均可通过刺吸植物汁液、分泌蜜露诱发煤污病以及传播病毒等多种方式对农业生产造成直接或间接的危害(胡敦孝和吴杏霞,2001;Jones, 2003;向玉勇等,2004)。目前 B 型烟粉虱和温室白粉虱在我国都有分布,但在种群发生上存在差异:温室白粉虱长期以来一直是我国北方的一种重要害虫,主要在温室内危害;而 B 型烟粉虱自从 20 世纪 90 年代中后期成功入侵我国以来,已经在我国南北部分地区相继爆发,不仅在温室内危害严重,在田间也大量发生(罗晨和张芝利,2000;张芝利,2000;赵莉等,2000)。在两种粉虱混合发生的北方地区,其种群消长有明显的季节性规律,在夏天高温季节以 B 型烟粉虱种群为主,而到春秋两季气候趋凉时温室白粉虱种群上升为优势种群(Ramos *et al*., 2002;罗晨等,2004)。对于 B 型烟粉虱和温室白粉虱这类多食性昆虫,寄主选择谱很宽,且没有滞育,生活史也相似,其发生和分布可能更多地与它们的生理适应,尤其是对温度的适应性有关(Hodkinson *et al*., 1999)。温度对两种粉虱的存活的影响虽然已有报道,但温度设置多集中在适温区内,有关极端温度对两者的影响报道还比较少(Tsueda and Koji, 1998)。而昆虫对温度逆境适应性的高低对其种群的生存和发展具有重要意义。因此,我们在室内采用高温和低温暴露试验,研究了两种粉虱在逆境下的存活特性及其差异,以期揭示极端温度对两种粉虱种群发生的影响,探讨两种粉虱种群发生存在差异的原因。

1　材料与方法

1.1　供试昆虫和寄主植物

实验中所用 B 型烟粉虱和温室白粉虱成虫均采自在温室中长期保持的实验种群。建立 B 型烟粉虱和温室白粉虱实验种群的样本于 2003 年 10～11 月分别采自中国农科院蔬菜花卉研究所试验田和温室大棚,寄主植物均为番茄。样本经鉴定后在温室中进行连续繁殖,温室内的平均温度 22℃～28℃,相对湿度为 50%～60%,自然光。饲养 B 型烟粉虱和温室白粉虱的寄主植物分别为甘蓝 *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.(京丰 1 号)和番茄 *Lycopersicum esculentum* Mill.(中蔬 5 号)。以上寄主植物种子购自中国农业科学院蔬菜花卉研究所。

实验中所用的植物分别为两种粉虱的饲养植物。甘蓝和番茄经过育苗后单株种植在营养钵中(直径为 9 cm),甘蓝长至 5～8 片真叶,番茄长至约 20 cm 高时供实验所用。

1.2　高温对两种粉虱存活的影响

1.2.1　高温处理方法和饲养条件:高温处理在人工气候箱中进行(型号 MHT-350,日本三洋电机股份有限公司产品,温度变幅 ±0.2℃),设置 5 个暴露温度,分别为 37℃, 39℃, 41℃, 43℃和 45℃。在每个温度梯度下,两种粉虱的卵、伪蛹和成虫分别处理 1, 2 h。处理结束后,卵和伪蛹在人工气候箱(型号 PRX-500D-30, 中国宁波海曙赛福实验仪器厂产品,温度变幅 ±0.5℃)中进行饲养。饲养条件为 26℃, 60%～70% 相对湿度,光周期 14 h:10 h (L:D),直至发育到下个虫态。成虫处理结束后放在 26℃下 2 h 后调查存活情况。

1.2.2　粉虱处理和调查方法:卵:选取长势基本一致的甘蓝,用毛笔清理干净叶片表面,将每 4 株甘蓝为一组放入一个纱笼中(60 cm × 50 cm × 70 cm;120 meshes/cm^2)。每个笼中接入 200 头以上的 B 型粉虱成虫,24 h 后驱除成虫,在解剖镜下统计每张叶片上的卵量。然后将带有 B 型烟粉虱卵的甘蓝在高温下暴露一定时间后放在人工气候箱中(方法见 1.2.1)。4 d 以后开始调查卵孵化的情况;为了减少操作过程中对卵的损伤,以后每隔 2 d 调查 1 次,直

到连续4 d都没有卵孵化为止。最后统计卵的孵化率。伪蛹：采集带有B型烟粉虱伪蛹的叶片，保留叶片上出现红色眼点的伪蛹，清除其它虫态的B型烟粉虱。统计每张叶片上的伪蛹数。每批3~4片叶片。将带有B型烟粉虱伪蛹的叶片放在直径为9 cm的培养皿中，并用滤纸进行保湿。然后将放有B型烟粉虱伪蛹的培养皿在高温下暴露一定时间后放在人工气候箱中（方法见1.2.1）。24 h以后开始调查成虫羽化的情况，以后每隔24 h调查1次，直到没有成虫羽化出来。最后计算羽化率。成虫：采集B型烟粉虱成虫于玻璃管中（Φ2.4 cm×8 cm），管口用纱布包扎以防止成虫逃逸。每管不少于50头成虫。每批3~4管成虫，将B型烟粉虱成虫放在高温下暴露一定时间后放在人工气候箱中（方法见1.2.1）。待成虫苏醒后，记录其存活情况，统计其存活率。以上每个处理5次重复，温室白粉虱实验操作方法同B型烟粉虱。以两种粉虱不同虫态没有经过高温暴露直接放置在26℃下的处理作为对照，用来校正各虫态的存活率。

1.3 低温对两种粉虱存活的影响

1.3.1 低温处理方法和饲养条件：低温处理在温度设置为2℃培养箱中进行（型号GXZ-430A，温度变幅±1℃），培养箱中光周期为12 h∶12 h（L∶D），相对湿度为50%~60%。卵、若虫和伪蛹的处理时间为2，4，6，8，10，12 d；成虫的处理时间为1，2，3，4，5，7 d。处理结束后，卵、若虫和伪蛹置于温度24℃，相对湿度50%~60%，光周期为L∶D = 12∶12的条件下饲养，直至发育到下个虫态。成虫处理结束后放在24℃下1 h后调查存活情况。

1.3.2 粉虱处理和调查方法：卵：选取长势基本一致的甘蓝，用毛笔清理干净叶片表面。将甘蓝放入饲养B型烟粉虱的温室中接虫，24 h后驱除B型烟粉虱成虫，在解剖镜下统计每张叶片上的卵量。每批3~4株甘蓝。然后将带有B型烟粉虱卵的甘蓝在2℃下暴露一定时间后放在人工气候箱中饲养（方法见1.3.1）。4 d以后开始调查B型烟粉虱卵孵化的情况；为了减少操作过程中对卵的损伤，以后每隔2 d调查1次，直到连续4 d都没有卵孵化为止。最后统计卵的孵化率。若虫：选取带有B型烟粉虱若虫的甘蓝植株。用记号笔分别标记出发育大致相同的2~3龄若虫。每片叶片上保留相同龄期的虫体并刷去其它虫体，每批3片叶片。然后将带有B型烟粉虱若虫的植株放在低温下暴露一定的时间后放在人工气候箱中（方法见1.3.1）。然后每隔2 d调查1次若虫发育的情况，最后统计若虫的存活率。伪蛹：采集带有B型烟粉虱伪蛹的叶片，保留叶片上出现红色眼点的伪蛹，清除其它虫态的B型烟粉虱。统计每张叶片上的伪蛹数。每批3片叶片。将带有伪蛹的叶片放入玻璃管（Φ3.5 cm × 10 cm）后在低温下暴露一定的时间，然后放入人工气候箱中（方法见1.3.1）。24 h以后开始调查成虫羽化的情况，以后每隔24 h调查1次，直到没有成虫羽化出来。最后计算羽化率。成虫：采集B型烟粉虱成虫于玻璃管中（Φ3.5 cm × 10 cm），管口用纱布包扎以防止成虫逃逸。每管不少于50头成虫。将B型烟粉虱成虫放在低温下暴露一定的时间后放在人工气候箱中（方法见1.3.1）。待成虫苏醒后，记录其存活情况，统计其存活率。以上每个处理设置3次重复，温室白粉虱实验操作方法同B型烟粉虱。以两种粉虱不同虫态没有经过低温暴露直接放置在26℃下的处理作为对照，用来校正各虫态的存活率。

1.4 数据处理

同一温度处理后两种粉虱的存活率用*T*-test来检测两者之间是否有显著性差异。用单因素方差分析（One-way Analysis，S-N-K test）来检验不同温度处理后粉虱存活率差异。以上数据分析用统计软件SPSS进行（SPSS10.0，SPSS Inc.，USA），显著性检验水平均为$P \leqslant 0.05$。

2 结果与分析

2.1 高温对B型烟粉虱和温室粉虱卵孵化的影响

B型烟粉虱的卵在37℃~45℃下暴露1 h，其孵化率由91.2%下降到72.0%（表1）；其中在43℃和45℃下暴露1 h后卵的孵化率要显著低于在37℃下暴露1 h后的孵化率（43℃：$df = 18$，$t = 3.04$，$P < 0.05$；45℃：$df = 18$，$t = 5.63$，$P < 0.05$）。B型烟粉虱的卵在37℃~45℃下暴露2 h后也观察到相似的结果。温室白粉虱的卵在37℃和39℃下暴露1 h，孵化率分别为87.1%和86.0%，两者之间差异不显著（$df = 18$，$t = 0.25$，$P = 0.810$）；当暴露温度上升到41℃~45℃时，卵的孵化率迅速下降，在41℃下暴露1 h后的孵化率为75.3%，显著低于37℃和39℃下的孵化率（37℃：$df = 18$，$t = 2.19$，$P < 0.05$；39℃：$df = 18$，$t = 2.35$，$P < 0.05$）。温室白粉虱的卵在37℃~45℃下暴露2 h后，孵化率下降的更快，在45℃下暴露2 h后，孵化率仅有27.6%。

对 B 型烟粉虱和温室白粉虱的卵经高温暴露后的孵化率进行比较，温室白粉虱卵对高温较敏感。两种粉虱的卵在 41℃及以上的高温暴露 1 h 或是在 39℃及以上的高温暴露 2 h，B 型烟粉虱卵的孵化率要显著高于温室白粉虱。例如，在 39℃暴露 2 h，B 型烟粉虱有 86.3% 的卵可以孵化，但温室白粉虱卵的孵化率只有 68.2%（$df = 18$，$t = 5.64$，$P < 0.05$）。在 45℃高温下，温室白粉虱的卵暴露 1 h 后，不到 50% 的卵可以孵化；而 B 型烟粉虱的卵在 45℃下暴露 2 h 后其孵化率仍超过了 50%。

表 1　B 型烟粉虱和温室白粉虱卵经过高温暴露后的孵化率（%）

Table 1　The egg hatching rates（%）of *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* after exposure to high temperatures

粉虱种类 Whitefly species	处理时间（h） Exposure time	暴露温度 Exposure temperature（℃） 37	39	41	43	45
B 型烟粉虱	1	91.2 ± 2.2	88.4 ± 1.8	86.7 ± 2.5	82.0 ± 2.0	72.0 ± 2.6
B. tabaci B-biotype	2	88.8 ± 2.5	86.3 ± 2.2	81.3 ± 2.4	69.2 ± 2.4	53.3 ± 2.0
温室白粉虱	1	87.1 ± 2.8	86.0 ± 3.8	75.3 ± 2.4	62.4 ± 2.7	46.2 ± 2.5
T. vaporariorum	2	81.4 ± 3.6	68.2 ± 2.3	62.8 ± 1.4	52.5 ± 2.1	27.6 ± 1.7

2.2　高温对 B 型烟粉虱和温室粉虱伪蛹存活的影响

由表 2 可知，将 B 型烟粉虱伪蛹在 37℃和 39℃下暴露 1 h 或 2 h，不同温度下的存活率略有差别，但没有显著差异（1 h：$df = 18$，$t = 0.38$，$P = 0.707$；2 h：$df = 18$，$t = 0.78$，$P = 0.445$）。当温度上升到 41℃～45℃时，随着暴露温度的升高，B 型烟粉虱伪蛹的存活率迅速下降，尤其在 45℃下暴露 1 h 或 2 h，其存活率分别为 53.5%，47.0%，显著低于经过 37℃暴露后的存活率（1 h：$df = 18$，$t = 11.58$，$P < 0.05$；2 h：$df = 18$，$t = 13.15$，$P < 0.05$）。温室白粉虱伪蛹对高温敏感，尤其当温度上升到 41℃及以上时，经过 1 h 暴露，其存活率就会显著下降，不同温度处理间存在显著差异（$F_{4,49} = 81.25$，$P < 0.05$）（表 2）。将温室白粉虱伪蛹在高温下暴露 2 h 时，也观察到相似的结果（$F_{4,49} = 52.12$，$P < 0.05$）。

在 37℃～45℃的温度范围内，两种粉虱的伪蛹暴露相同的时间，B 型烟粉虱伪蛹的存活率要显著高于温室白粉虱伪蛹（表 2）。B 型烟粉虱伪蛹在 37℃～45℃下暴露 1 h，存活率从 91.4% 下降到 53.5%；温室白粉虱伪蛹的存活率从 76.3% 下降到 9.6%，显著低于 B 型烟粉虱（$F_{1,100} = 295.91$，$P < 0.05$）。在 37℃～45℃下暴露 2 h，也出现相似的情况。例如，在 45℃下暴露 2 h，仅有 2.3% 的温室白粉虱伪蛹能够羽化，而 B 型烟粉虱伪蛹的羽化率超过了 46%（$df = 18$，$t = 17.01$，$P < 0.05$）。

表 2　B 型烟粉虱和温室白粉虱伪蛹经过高温暴露后的存活率（%）

Table 2　The survival rates（%）of red-eyed nymphs of *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* after exposure to high temperatures

粉虱种类 Whitefly species	处理时间（h） Exposure time	暴露温度 Exposure temperature（℃） 37	39	41	43	45
B 型烟粉虱	1	91.4 ± 1.8	90.5 ± 1.5	79.8 ± 4.4	71.8 ± 2.9	53.5 ± 8.7
B. tabaci B-biotype	2	89.6 ± 2.0	87.2 ± 2.3	70.0 ± 3.4	66.7 ± 5.0	47.0 ± 2.6
温室白粉虱	1	76.3 ± 4.2	69.0 ± 2.7	41.0 ± 3.6	29.9 ± 2.7	9.6 ± 1.2
T. vaporariorum	2	58.6 ± 5.1	53.7 ± 5.0	23.7 ± 1.7	17.4 ± 1.4	2.3 ± 1.9

2.3　高温对 B 型烟粉虱和温室粉虱成虫存活的影响

由表 3 可知，B 型烟粉虱成虫在 39℃下暴露 1 h 后存活率为 98.0%；当温度上升到 45℃时，其存活率不足 50%，显著低于在 39℃下暴露后的存活率（$df = 18$，$t = 34.14$，$P < 0.05$）。当暴露时间为 2 h 时，41℃及以上高温会导致 B 型烟粉虱成虫迅速死亡，存活率由 88.7% 下降到 21.4%，各温度处理之间差异显著（$F_{2,29} = 353.08$，$P < 0.05$）。随着暴露温度的升高和时间的延长，温室白粉虱成虫的存活率下降（表 3）。在 41℃及以上高温暴露 1 h，温室白粉虱成虫的存活率就由 79.6% 下降到 13.5%。当暴露时间为 2 h 时，高温对温室白粉虱成虫的致死作用更明显。在 37℃下暴露 2 h 后存活率为 85.2%；在 43℃和 45℃下暴露 2 h 后，其死亡率分别超过了 80% 和 90%。

在 37℃～45℃范围内暴露 1～2 h，温室白粉虱成虫的存活率明显低于 B 型烟粉虱（表 3）。B 型烟粉虱成虫在 43℃下暴露 2 h，其存活率仍有 80% 左右，45℃高温才会导致 B 型烟粉虱成虫的死亡率急

剧上升;而39℃以上的高温能够导致温室白粉虱成虫的存活率迅速下降。例如,温室白粉虱在41℃下暴露1 h和2 h,存活率由79.6%下降到56.6%;43℃下暴露2 h后温室白粉虱的存活率不足20%,而B型烟粉虱在45℃下暴露2 h其成虫的存活率仍有21.4%。

表3 B型烟粉虱和温室白粉虱成虫经过高温暴露后的存活率(%)

Table 3 The survival rates (%) of adults of *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* after exposure to high temperatures

粉虱种类 Whitefly species	处理时间(h) Exposure time	暴露温度 Exposure temperature (℃) 37	39	41	43	45
B型烟粉虱 *B. tabaci* B-biotype	1	99.1±0.4	98.0±0.4	91.1±2.1	81.5±2.7	42.6±1.6
	2	98.5±0.5	95.2±2.2	88.7±2.0	76.2±1.7	21.4±2.0
温室白粉虱 *T. vaporariorum*	1	95.0±1.4	92.8±2.1	79.6±2.7	26.1±1.5	13.5±1.1
	2	85.2±2.0	79.6±2.2	56.6±3.4	17.8±0.8	7.6±1.5

2.4 低温对B型烟粉虱和温室粉虱存活的影响

B型烟粉虱的卵、2~3龄若虫、伪蛹和成虫在2℃随着暴露时间的延长其存活率均逐渐下降(表4)。暴露时间对B型烟粉虱4种供试虫态在2℃下存活影响作用显著(卵:$F_{5,17}=377.77$, $P<0.05$;2~3龄若虫:$F_{5,17}=477.76$, $P<0.05$;伪蛹:$F_{5,17}=390.71$, $P<0.05$;成虫:$F_{5,23}=1594.65$, $P<0.05$)。暴露时间对温室白粉虱4种供试虫态在2℃下存活影响与B型烟粉虱相似。

B型烟粉虱和温室白粉虱的卵在2℃下随着暴露时间的延长其存活率均逐渐下降(表4)。在2℃下暴露2 d,B型烟粉虱和温室粉虱卵的孵化率分别为98.3%和96.8%,两者之间没有显著差异($df=4$, $t=0.66$, $P=0.548$)。但随着暴露时间从4 d延长至12 d,低温对B型烟粉虱卵的孵化率的影响要显著大于温室白粉虱。例如温室白粉虱的卵在2℃下暴露12 d,还有49.2%的卵能够孵化;而B型烟粉虱的卵在2℃下暴露10 d,孵化率仅有14.8%,在2℃下暴露12 d,没有卵能够孵化($df=4$, $t=-16.44$, $P<0.05$)。两种粉虱2~3龄的若虫也出现相似的情况。

两种粉虱的伪蛹在2℃下暴露2~6 d时,B型烟粉虱伪蛹的羽化率要高于温室白粉虱。但当暴露时间延长到8~10 d时,B型烟粉虱伪蛹的羽化率从45.8%迅速下降到26.9%;暴露12 d后没有伪蛹能够羽化成成虫。而温室白粉虱在2℃下暴露12 d后仍有45%的伪蛹能够羽化,其羽化率要显著高于B型烟粉虱($df=4$, $t=-15.59$, $P<0.05$)。

表4 B型烟粉虱和温室白粉虱卵、2~3龄若虫、伪蛹在2℃下暴露不同时间后的存活率(%)

Table 4 The survival rates (%) of eggs, 2–3 instar nymphs, red-eyed nymphs of *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* after exposure to 2℃ for different time

粉虱种类 Whitefly species	虫态 Developmental stage	处理时间 Exposure time (d) 2	4	6	8	10	12
B型烟粉虱 *B. tabaci* B-biotype	卵 Egg	98.3±1.7	61.7±1.7	33.7±2.4	27.3±2.6	14.7±1.4	0
	2~3龄若虫 2–3 instar nymph	94.2±3.1	82.6±2.1	30.9±1.2	16.3±2.7	0	0
	伪蛹 Red-eyed nymph	95.2±2.8	89.3±1.3	77.8±2.2	45.8±2.4	26.9±1.4	0
温室白粉虱 *T. vaporariorum*	卵 Egg	96.8±1.6	84.4±2.2	67.9±6.2	66.1±3.9	50.8±0.8	49.2±3
	2~3龄若虫 2–3 instar nymph	92±1.9	85.1±1.6	59.5±2.8	20±0.6	20±1.0	0
	伪蛹 Red-eyed nymph	88±2.0	83.4±1.7	68.3±1.7	58.4±2.6	53±3.3	45±2.9

两种粉虱成虫对低温的反应有所不同。温室白粉虱成虫在2℃下暴露1~5 d,其存活率均超过了90%;在2℃下暴露7 d,仍有80.9%的成虫能够存活;但B型烟粉虱成虫在2℃下暴露1~3 d后,其存活率从98.8%下降到76.5%,暴露4 d后没有成虫能够存活(表5)。温室白粉虱成虫的存活率要显著

表5 B型烟粉虱和温室白粉虱成虫在2℃下暴露不同时间后的存活率(%)

Table 5 The survival rates (%) of adults of *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* after exposure to 2℃ for different time

粉虱种类 Whitefly species	处理时间 Exposure time (d) 1	2	3	4	5	7
B型烟粉虱 *B. tabaci* B-biotype	98.8±0.8	90.8±2.6	76.5±1.3	0	0	0
温室白粉虱 *T. vaporariorum*	100	98.2±0.7	100	98.3±0.7	93.5±2.7	80.9±2.5

高于 B 型烟粉虱（$F_{1,48}=4\ 009.13$，$P<0.05$）。

3　结论与讨论

本研究表明，B 型烟粉虱和温室白粉虱在逆境高温和低温条件下的生存特性存在差异。B 型烟粉虱在 37℃～45℃的高温条件下暴露 1～2 h 后，各种供试虫态的生存特性均要高于温室白粉虱，高温对 B 型烟粉虱存活的影响要显著低于后者；而温室白粉虱对高温敏感，短时间的高温暴露就能导致其存活率显著下降。但 B 型烟粉虱对低温的适应性要低于温室白粉虱，B 型烟粉虱各种虫态在低温下暴露一定的时间，其存活率下降要显著快于温室白粉虱。根据报道，昆虫对温度、尤其是极端温度适应性的高低对其种群的发生和分布有重要影响（Jenkins *et al*.，1999；Barthell *et al*.，2002；陈兵和康乐，2002）。例如，南美斑潜蝇 *Liriomyza huidobrensis* Blanchard 和美洲斑潜蝇 *L. sativae* Blanchard 是先后入侵我国的重要害虫，其地理分布和季节发生与它们的耐寒性和耐热性差异密切相关（陈兵，2003）。入侵美国加州的切叶蚁 *Megachile apicalis*（Spinola）和 *M. rotundata*（Fabricius）在加州的分布也与它们的耐高温能力种间差异相一致（Barthell *et al*.，2002）。温室白粉虱对高温敏感，短时间的高温暴露就能导致其各虫态的存活率显著下降，而 B 型烟粉虱是一种耐热性昆虫，对高温有较强的适应性。我国夏季的气温很容易达到 30℃以上，最高温度可以超过 40℃（国家气象局资料，1951－2005）。温室白粉虱卵和伪蛹在 37℃下暴露 1～2 h，其存活率就会迅速下降并显著低于 B 型烟粉虱；而 B 型烟粉虱的伪蛹在 41℃暴露 2 h 后的孵化率为 70%，大约是温室白粉虱伪蛹孵化率的 3 倍。并且根据前人的研究可知，B 型烟粉虱与温室白粉虱相比，前者在 30℃下仅需十几天就可完成世代发育，且具有较高存活率和繁殖力；甚至在 45℃下暴露 1 h 后其产卵量也未受到影响，而温室白粉虱在 43℃下暴露 1 h 后基本上就停止了产卵活动；而在 20℃的情况下则刚好相反（Tsueda and Koji，1998；崔旭红等，另文发表）。因此，温度对两种粉虱的发生和分布有重要影响（吴孔明等，2001；Ramos *et al*.，2002）。我国地域辽阔，南北气温差异较大。例如，在福建、海南、广东等地，7 月份的平均气温通常在 25℃～30℃，且日平均气温在 20℃以上的时间要长于北方（国家气象局资料，1951－2005），这种气候非常适宜 B 型烟粉虱种群的增长和发生；而温室白粉虱的繁殖和发育则受到抑制。因此，虽然温室白粉虱目前几乎遍及全国，但在南方地区危害并不严重。在我国北方，冬季平均气温在 0℃以下，而 B 型烟粉虱各种虫态在 2℃下暴露 4～12 d 后均全部死亡，研究结果验证了烟粉虱在我国北方露地不能安全越冬。B 型烟粉虱最低发育起点温度为 6.16℃，冬季温室内的平均温度通常在 13℃以上，在冬季 B 型烟粉虱在温室中虽然生长发育比较缓慢，但是仍然能够存活，为来年春天种群的发展和扩散提供了虫源，虫源逐年累积为 B 型烟粉虱在北方地区的大发生创造了条件（张芝利，2000；郜庆炉等，2003；林克剑等，2004）。

B 型烟粉虱和温室白粉虱虽然都能够在温室中安全越冬，但 B 型烟粉虱对低温的适应性要低于温室白粉虱，使得其种群数量在春季和秋末不占据优势地位（Tsueda and Koji，1998）。在初春和秋末，气温通常较低，B 型烟粉虱在低温条件下的发育历期较长，存活率和生殖力也降低，种群的增长受到抑制；而温室白粉虱在 24℃以下的温度完成 1 个世代所需的时间随着温度的升高而缩短，且生长发育和繁殖特性均高于 B 型烟粉虱（Tsueda and Koji，1998）。因此，在气温比较凉爽的春季和秋末，温室白粉虱种群增长快于 B 型烟粉虱，容易上升为优势种群。当夏季来临，气温逐渐升高，温室白粉虱生长发育历期延长，生殖力减弱，而 B 型烟粉虱种群增长迅速，上升为优势种群。由此可知，B 型烟粉虱和温室白粉虱对温度，尤其是极端温度适应性的差异是造成两者种群发生存在差异的一个重要原因。

参 考 文 献（References）

Barthell JF，Hranitz JM，Thorp RW，Shue MK，2002. High temperature responses in two exotic leafcutting bee species：*Megachile apicalis* and *M. rotundata*（Hymenoptera：Megachilidae）. *Pan-Pac. Entomol*.，78：235－246.

Brown JK，1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agro-ecosystems worldwide. *FAO Plant Prot. Bull*.，42：3－32.

Brown JK，Frohlich DR，Rossell RC，1995. The sweet potato or silverleaf whitefies：biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex？*Ann. Rev. Entomol*.，40：511－534.

Chen B，Kang L，2002. Analysis of trends of occurrence and geographic variation of pealeafminer *Liriomyza huidobrensis*. *Plant Quarntine*，16（3）：138－140.［陈兵，康乐，2002. 南美斑潜蝇在我国发生趋势和地理差异分析. 植物检疫，16（3）：138－140］

Chen B，2003. Adaptation of Alien *Liriomyza* Leafminers to Thermal Stress：Temperature Responses，Physiological Mechanisms and Biogeographic

Distribution. PhD Dissertation，Institute of Zoology，Chinese Academy of Sciences，Beijing. 1 – 20. [陈兵，2003. 外来斑潜蝇对热胁迫的适应：温度、生理机制和生物地理分布. 北京：中国科学院动物研究所博士论文. 1 – 20]

Gao QL，Xue X，Duan AW，2003. Temperature characteristics and its changing laws within solar plastic greenhouse. *Journal of Irrigation and Drainage*，22(6)：50 – 53. [郜庆炉，薛香，段爱旺，2003. 日光温室内温度特点及其变化规律研究. 灌溉排水学报，22(6)：50 – 53]

Hodkinson ID，Bird J，Miles JE，Bale JS，Lennon JJ，1999. Climatic signals in the life histories of insects：the distribution and abundance of heather psyllids (*Strophingia* spp.) in the UK. *Fun. Ecol.*，13 (Suppl.)：83 – 95.

Hu DX，Wu XX，2001. Discrimination of *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera：Aleyrodidae). *Plant Protection*，27(5)：15 – 18. [胡敦孝，吴杏霞，2001. 烟粉虱和温室白粉虱的区别. 植物保护，27(5)：15 – 18]

Jenkins NL，Hoffmann AA，1999. Limits to the southern border of *Drosophila serrata*：cold resistance，heritable variation，and trade-off. *Evolution*，53：1 823 – 1 834.

Jones D，2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *Eur. J. Plant Path.*，109：197 – 221.

Lin KJ，Wu KM，Guo YY，2004. Effects of temperature and humidity on the development，survival and reproduction of B-biotype of *Bemisia tabaci* (Homoptera：Aleyrodidae) from Beijing. *Acta Phytophylacica Sinica*，31(2)：166 – 172. [林克剑，吴孔明，魏洪义，郭予元，2004. 温度和湿度对 B 型烟粉虱发育、存活和生殖的影响. 植物保护学报，31(2)：166 – 172]

Luo C，Zhang Z L，2000. Study progress on *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Beijing Agricultural Sciences*，18 (Suppl.)：4 – 13. [罗晨，张芝利，2000. 烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)研究概述. 北京农业科学，18(增刊)：4 – 13]

Luo C，Wang SQ，Cui WQ，Zhang ZL，2004. The population dynamics of whiteflies and their natural enemy in Beijing suburb. In：Li DM *et al.* eds. Modern Entomological Research. Beijing：China Agricultural Science and Technology Press. 465 – 468. [罗晨，王素芹，崔文清，张芝利，2004. 京郊粉虱与天敌的种群动态. 见：李典谟等主编. 当代昆虫学研究. 中国昆虫学会成立 60 周年纪念大会暨学术讨论会论文集. 北京：中国农业科学技术出版社. 465 – 468]

Ramos NE，Neto AF，Arsénio S，Mangerico E，Stigter L，Fortunato E，Fernandes JE，Lavadinho AMP，Louro D，2002. Situation of the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* in protected tomato crops in Algarve (Portugal). *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*，32：11 – 15.

Tsueda H，Koji T，1998. Differences in spatial distribution and life history parameters of two sympatric whiteflies，the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) and the silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)，under greenhouse and laboratory conditions. *Appl. Entomol. Zool.*，33：379 – 383.

Wu KM，Xu G，Guo YY，2001. Seasonal dynamics of *Bemisia tabaci* adults in cotton field in northern region of North China. *Plant Protection*，27 (2)，14 – 15. [吴孔明，徐广，郭予元，2001. 华北北部地区棉田烟粉虱成虫季节性动态. 植物保护，27(2)：14 – 15]

Xiang YY，Li ZZ，Zhang F，Luo C，2004. Progress of study on *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Trialeurodes vaprorariorum* (Westwood). *Journal of Mountain Agriculture and Biology*，23(4)：352 – 359. [向玉勇，李子忠，张帆，罗晨，2004. 烟粉虱和温室粉虱的研究进展. 山地农业生物学报，23(4)：352 – 359]

Zhang Z L，2000. Some thoughts to the outbreaks of tobacco whitefly. *Beijing Agricultural Sciences*，18(Suppl.)：1 – 3. [张芝利，2000. 关于烟粉虱大发生的思考. 北京农业科学，18(增刊)：1 – 3]

Zhao L，Zhang R，Xiao Y，2000. The important cotton pest-*Bemisia tabaci* (Gennadius) was found in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*，1：27 – 28. [赵莉，张荣，肖艳，2000. 危害棉花的重要害虫烟粉虱在新疆发现. 新疆农业科学，1：27 – 28]

（责任编辑：袁德成）